

Рубцовский индустриальный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

СОГЛАСОВАНО

Декан ТФ

А.В. Сорокин

Рабочая программа дисциплины

Код и наименование дисциплины: **Б1.О.33 «Математическое моделирование технологических процессов»**

Код и наименование направления подготовки (специальности): **15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств**

Направленность (профиль, специализация): **Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств**

Статус дисциплины: **обязательная часть**

Форма обучения: **очная**

Статус	Должность	И.О. Фамилия
Разработал	доцент	О.В. Ефременкова
Согласовал	Зав. кафедрой «ТиТМПП»	В.В. Гриценко
	руководитель направленности (профиля) программы	В.В. Гриценко

г. Рубцовск

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор	Содержание индикатора
ОПК-6	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-6.1	Демонстрирует знание принципов современных информационных технологий
ОПК-8	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа	ОПК-8.2	Прогнозирует последствия вариантов решения проблем машиностроительных производств
		ОПК-8.3	Выбирает варианты решения проблем на основе заданных критериев оптимальности

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Математика для инженерных расчетов, Теоретическая механика, Физика в машиностроении
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, Управление системами и процессами в машиностроении

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 3 / 108

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Форма	Виды занятий, их трудоемкость (час.)	Объем контактной
-------	--------------------------------------	------------------

обучения	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	работы обучающегося с преподавателем (час)
очная	12	0	24	72	47

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Форма обучения: очная

Семестр: 8

Лекционные занятия (12ч.)

1. Введение в предмет(1ч.)[1,3] Задачи моделирования процессов и систем машиностроения. Математическая модель объекта моделирования, классификация математических моделей. Адекватность и чувствительность математической модели, достоверность результатов моделирования. Постановка и сводимость задач математического моделирования. Область применения математической модели и результатов моделирования.

2. Основные понятия теории множеств(1ч.)[1,4,6,7] Основные понятия теории множеств(2ч.)[1,2,4] Понятие множества. Конечные и бесконечные множества. Понятие подмножества. Верхняя и нижняя граница множества. Операции над множествами. Объединение, пересечение, разность множеств. Универсальное множество. Дополнение множества. Тожества алгебры множеств. Отношения, свойства отношений. Отношения эквивалентности, порядка, доминирования.

3. Основы теории графов(1ч.)[1,3,4,5] Теоретико-множественное определение графа. Понятие ориентированного и неориентированного графа. Взвешенный граф. Способы задания графов. Матрица смежности, матрица инцидентности. Маршруты на графе.

4. Алгоритмы теории графов(1ч.)[1,3,4,6] Основные алгоритмы теории графов. Задача о кратчайшем пути между двумя произвольными вершинами и ребрами единичной (произвольной длины). Алгоритм Дейкстры. Задача нахождения тончайшего пути на графе. Задача "коммивояжера". Метод ветвей и границ.

5. Планирование эксперимента и обработка экспериментальных данных. Планы первого порядка(2ч.)[1,3,4,6,7] Основные понятия и определения. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Свойства

матриц полного и дробного факторных экспериментов. Проведение эксперимента и обработка результатов опытов. Крутое восхождение по поверхности отклика.

6. Регрессионный анализ {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[1,3,4,6] Линейный регрессионный анализ с независимыми переменными. Примеры регрессионного анализа при равномерном и неравномерном дублировании опытов. Использование принципов современных информационных технологий, применение ЭВМ для проведения регрессионного анализа (пакет Microsoft EXCEL).

7. Планирование экстремальных экспериментов. Планы второго порядка {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,3,4] Центральные композиционные планы. Ортогональные планы второго порядка. Ротатабельное планирование второго порядка. Исследование области оптимума, представленной полиномом второго порядка. Варианты решения проблем машиностроительных производств на основе заданных критериев оптимальности. Применение ротатабельного планирования второго порядка для минимизации шероховатости поверхности при обработке резанием.

8. Некомпозиционные планы(2ч.)[1,3,4] Некомпозиционные планы второго порядка

Практические занятия (24ч.)

1. Введение в предмет {дискуссия} (4ч.)[1,3,5] Вопросы для обсуждения: задачи моделирования физических процессов и технологических систем; математическая модель объекта моделирования; адекватность математической модели и достоверность результатов моделирования; чувствительность математической модели; постановка и сводимость задач математического моделирования; область применения математической модели и результатов моделирования.

2. Элементы теории множеств {работа в малых группах} (4ч.)[1,3,4] Решение типовых задач на задание множеств, применение основных теоретико-множественных операций.

3. Элементы теории графов(4ч.)[1,3,4] Решение задач на способы задания графов, определение матриц смежности, матриц инцидентности. Решение задач на поиск путей на графе, удовлетворяющих определенным критериям (кратчайший путь, тончайший путь).

4. Планирование экстремальных экспериментов. Планы первого порядка. (4ч.)[1,3,5,6] Планирование экстремальных экспериментов. Планы первого порядка(2ч.)[1,2,3,4] Основные понятия и определения. Полный факторный

эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Свойства матриц полного и дробного факторных экспериментов. Проведение эксперимента и обработка результатов опытов. Крутое восхождение по поверхности отклика.

5. Регрессионный анализ {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (4ч.)[1,5,6] Обработка данных эксперимента методами регрессионного анализа без применения ЭВМ и с применением пакета Microsoft EXCEL.

6. Некомпозиционные планы(4ч.)[1,3,4] Обработка данных эксперимента, полученных по ортогональным планам второго порядка без применения ЭВМ и с применением пакета Microsoft EXCEL.

Самостоятельная работа (72ч.)

1. Изучение теоретического материала для формирования теоретической основы математического аппарата будущего инженера(24ч.)[1,3,4] Проработка теоретического материала (работа с конспектом лекций, учебником, учебными пособиями) для формирования теоретической основы математического аппарата будущего инженера

2. Подготовка к практическим занятиям, включая подготовку к защите работ для формирования практических основ математического аппарата будущего инженера(22ч.)[1,3,4,5,6,7]

3. Самостоятельное изучение разделов дисциплины для формирования практических основ математического аппарата будущего инженера(22ч.) [1,3,4,7]

4. Подготовка к зачету(4ч.)[1,3,4,5,6,7] Сдача зачета

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечным системам: Университетская библиотека онлайн, электронной библиотеке АлтГТУ и к электронной информационно-образовательной среде:

1. Шашок, А.В. Математическое моделирование технологических процессов и систем. Часть1: Уч. пос. и варианты индив. расчетных заданий/ А.В. Шашок; РИИ. - Рубцовск: РИО, 2004. - 74 с (46 экз.)

2. Ефременкова, О.В. Математическое моделирование технологических

процессов: методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы для студентов направления подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения/ О.В. Ефременкова; Рубцовский индустриальный институт.- Рубцовск: РИИ, 2021. - 10 с. URL: [https://edu.rubinst.ru/resources/books/Ephremenkova_O.V.Matematicheskoe_modelirovanie_tekhnologicheskikh_protsesov_\(samost.rab._dlya_KTM\)_2021.pdf](https://edu.rubinst.ru/resources/books/Ephremenkova_O.V.Matematicheskoe_modelirovanie_tekhnologicheskikh_protsesov_(samost.rab._dlya_KTM)_2021.pdf) (дата обращения 01.12. 2021)

6. Перечень учебной литературы

6.1. Основная литература

3. Кузьмин, В.В. Математическое моделирование технологических процессов сборки и механической обработки изделий машиностроения [текст]: Учеб. пособие/ В.В. Кузьмин, А.Г. Схиртладзе. - М.: Высш. шк. , 2008. - 279 с. (25 экз.)

4. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем : учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец. — Брянск : Брянский государственный технический университет, 2012. — 271 с. — ISBN 5-89838-126-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/7003.html> (дата обращения: 15.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6.2. Дополнительная литература

5. Нинул А.С. Оптимизация целевых функций. Аналитика, численные методы, планирование эксперимента/ А.С. Нинул. – М.: Физматлит, 2009 – 336 с. – 10 экз.

6. Седова, Н. А. Дискретная математика. Задачи повышенной сложности : практикум для подготовки к интернет-экзамену / Н. А. Седова, В. А. Седов. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 97 с. — ISBN 978-5-4486-0133-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/71561.html> (дата обращения: 15.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/71561>.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

7. www.exponenta.ru

8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролирующих материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) по дисциплине представлен в приложении А.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

№пп	Используемое программное обеспечение
1	LibreOffice
2	Windows
3	Антивирус Kaspersky

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
1	Бесплатная электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным ресурсам" для студентов и преподавателей; каталог ссылок на образовательные интернет-ресурсы (http://Window.edu.ru)
2	Национальная электронная библиотека (НЭБ) — свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов (как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. (http://нэб.рф/)

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
учебные аудитории для проведения учебных занятий
помещения для самостоятельной работы

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Математическое моделирование технологических процессов»

1. Перечень оценочных средств для компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины

Код контролируемой компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ОПК-6: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	Зачет	Комплект контролирующих материалов для зачета
ОПК-8: Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа	Зачет	Комплект контролирующих материалов для зачета

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Оцениваемые компетенции представлены в разделе «Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций» рабочей программы дисциплины «Математическое моделирование технологических процессов».

При оценивании сформированности компетенций по дисциплине «Математическое моделирование технологических процессов» используется 100-балльная шкала.

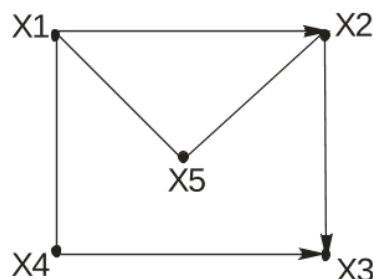
Критерий	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по традиционной шкале
Студент освоил изучаемый материал, выполняет задания в соответствии с индикаторами достижения компетенций, может допускать отдельные ошибки.	25-100	<i>Зачтено</i>
Студент не освоил основное содержание изученного материала, задания в соответствии с индикаторами достижения компетенций не выполнены или выполнены неверно.	0-24	<i>Не зачтено</i>

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки уровня достижения компетенций в соответствии с индикаторами

1. ФОМ по дисциплине «Математическое моделирование технологических процессов»

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ОПК-6 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-6.1 Демонстрирует знание принципов современных информационных технологий
ОПК-8 Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа	ОПК-8.2 Прогнозирует последствия вариантов решения проблем машиностроительных производств
	ОПК-8.3 Выбирает варианты решения проблем на основе заданных критериев оптимальности

1. Используя современные информационные технологии, составьте для заданного графа его матрицу смежности, матрицу инцидентности и запишите множество вершин и множество дуг графа (ОПК-6.1)



2. Используя современные информационные технологии, решите задачу коммивояжера с использованием вычислительного метода "ветвей и границ" (ОПК-6.1):

$$R = \begin{vmatrix} \infty & 1 & 9 & 7 & 11 \\ 4 & \infty & 17 & 1 & 5 \\ 13 & 9 & \infty & 14 & 9 \\ 6 & 19 & 5 & \infty & 7 \\ 4 & 10 & 14 & 17 & \infty \end{vmatrix}$$

3. Используя современные информационные технологии, решить задачу нелинейного программирования $z = 2x_1^2 + x_2^2 \rightarrow \text{extr}$, при $2x_1 + x_2$ (ОПК-6.1).

4. Используя современные информационные технологии, решить задачу целочисленного программирования (ОПК-6.1).

$$z = x_1 + 2x_2 + 3x_3 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + 2x_3 \geq 3 \\ 2x_1 + x_2 \geq 1 \\ 2x_2 + 3x_3 \geq 4 \end{cases}$$

$$\forall x_j \geq 0$$

5. Используя современные информационные технологии, решить задачу линейного программирования и составить к исходной двойственную задачу (ОПК-6.1)

$$z = -2x_1 + 3x_2 - 6x_3 - x_4 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 - 2x_3 + x_4 = 24 \\ x_1 + 2x_2 + 4x_3 \leq 22 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 \geq 10 \end{cases}$$

$$\forall x_j \geq 0$$

6. Используя современные информационные технологии, решить задачу дробно-линейного программирования (ОПК-6.1):

$$z = \frac{x_1 - 2x_2 + 3x_3}{2x_1 + x_2 - x_3} \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 \geq 1 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 5 \\ -x_1 - 3x_2 \leq -2 \end{cases}$$

7. Используя современные информационные технологии, задачу целочисленного программирования (ОПК-6.1):

$$z = x_1 + 2x_2 + 3x_3 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + 2x_3 \geq 2 \\ 2x_1 + x_2 \geq 0,5 \\ 2x_2 + 3x_3 \geq 3 \end{cases}$$

$$\forall x_j \geq 0$$

8. Используя современные информационные технологии, решить графически задачу линейного программирования (ОПК-6.1):

$$z = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$$

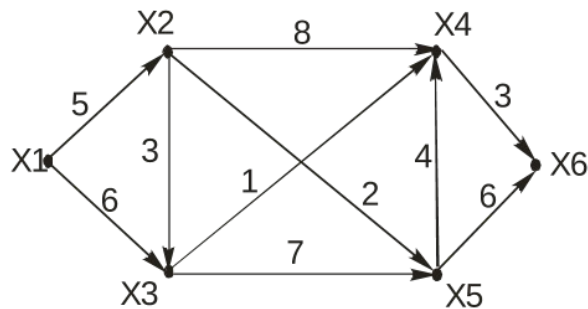
$$\begin{cases} 3x_1 - 2x_2 \leq 6, \\ -x_1 + 2x_2 \leq 4, \\ 3x_1 + 2x_2 \leq 12 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

9. Используя критерии оптимальности решить графически задачу линейного программирования (ОПК-8.3):

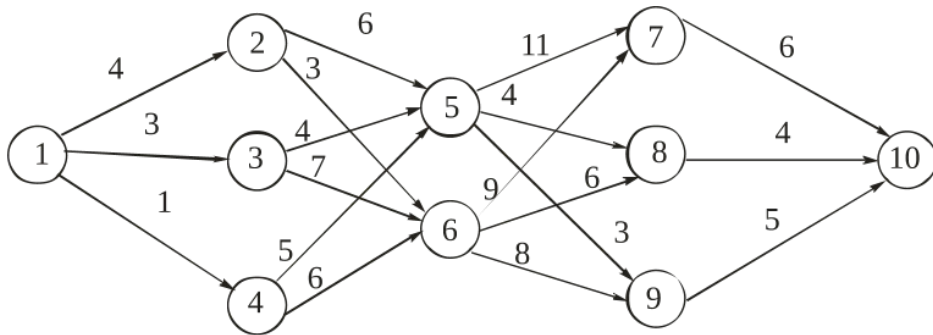
$$z = -3x_1 - 4x_2 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 20, \\ -x_1 + x_2 \leq 20, \\ x_1 \geq 10, \quad x_2 \geq 5 \end{cases}$$

10. Используя критерии оптимальности, найдите для представленного взвешенного графа с использованием алгоритма Дейкстры кратчайший путь из вершины x_1 в вершину x_6 (ОПК-8.2)



11.С использованием вычислительного метода динамического программирования найти для представленной сети путь минимальной длины между начальной и конечной вершинами (ОПК-8.2):

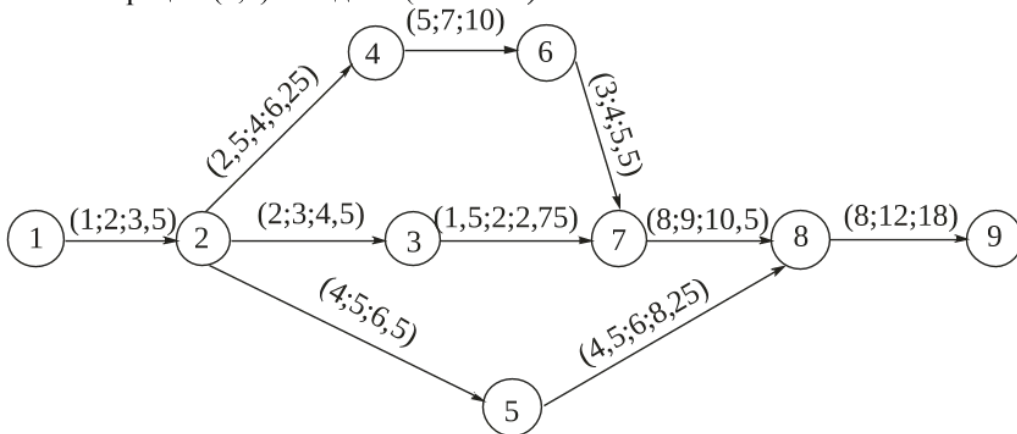


12. Предварительными исследованиями установлено, что наибольшее влияние на точность формы цилиндрической поверхности при точении y оказывают влияние три фактора: скорость резания x_1 , подача x_2 и жесткость технологической системы x_3 . Планируется проведение эксперимента типа 2^k для получения математической модели следующего вида: $y = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3$ в пределах $40 \leq x_1 \leq 80$ м/мин, $0,4 \leq x_2 \leq 0,8$ мм/об, $12000 \leq x_3 \leq 18000$ Н/мм. Используя критерии оптимальности, постройте матрицу планирования эксперимента, укажите основные уровни и интервалы варьирования факторов, их кодированные и натуральные значения (ОПК-8.2).

13. Используя критерии оптимальности, решить матричную игру, заданную платежной матрицей сведением к паре двойственных задач линейного программирования (ОПК-8.2):

$$\begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 \\ 7 & 2 & 0 \\ 5 & 3 & 2 \end{bmatrix}$$

14. Используя критерии оптимальности определить для комплекса операций представленного на рисунке: время выполнения комплекса операций с вероятностью не менее 0,75; вероятность выполнения комплекса операций за 35 дней; вероятность выполнения операции (2,5) за 8 дней (ОПК-8.2).



15. Используя критерии оптимальности, составьте план наиболее экономного дробно-факторного эксперимента при данном списке существенных переменных: $x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_1 x_2, x_2 x_3, x_3 x_4$. Укажите вид дробно-факторного эксперимента (ОПК-8.2).

16. В результате проведения эксперимента вида 2^3 были получены следующие данные:

x_1	80	20	60	20	80	20	80	20
x_2	5	5	0	0	5	5	0	0
x_3	10	10	10	10	2	2	2	2

у	26	24	22	16	18	14	10	6
---	----	----	----	----	----	----	----	---

Прогнозируя последствия разработать уравнение линейной регрессии для представленных условий в кодированных и натуральных значениях факторов (ОПК-8.3)

.17. В результате проведения эксперимента вида 2^3 были получены следующие данные:

x_1	60	20	60	20	60	20	60	20
x_2	5	5	0	0	5	5	0	0
x_3	10	10	10	10	2	2	2	2
у	26	24	22	16	18	14	10	6

Прогнозируя последствия, рассчитайте значения коэффициентов уравнения линейной регрессии при наличии парных эффектов взаимодействия между всеми факторами эксперимента. Записать уравнение линейной регрессии в натуральных значениях факторов (ОПК-8.3)

18. В результате проведения эксперимента вида 2^2 с двукратным дублированием опытов были получены следующие экспериментальные данные:

x_1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1
x_2	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1
у	16	12	8	6	14	12	9	4

Прогнозируя последствия, определить дисперсию адекватности эксперимента (ОПК-8.3).

19. Прогнозируя последствия составить для представленной матрицы длительностей обработки четырех деталей на трех станках, расписание "горячей" обработки, определить время цикла, представить соответствующий график Ганта (ОПК-8.3).

$$p_{st} = \begin{bmatrix} 5 & 2 & 4 & 3 \\ 2 & 7 & 1 & 5 \\ 4 & 3 & 1 & 7 \end{bmatrix}$$

20. В результате проведения эксперимента вида 2^3 были получены следующие данные:

x_1	70	20	70	20	70	20	0	20
x_2	5	5	0	0	5	5	0	0
x_3	10	10	10	10	2	2	2	2
у	26	24	22	16	18	14	10	6

Прогнозируя последствия, рассчитайте значения коэффициентов уравнения линейной регрессии при наличии парных эффектов взаимодействия между всеми факторами эксперимента. Записать уравнение линейной регрессии в натуральных значениях факторов (ОПК-8.3)

4. Файл и/или БТЗ с полным комплектом оценочных материалов прилагается.